(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年5月6日(06.05.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/085401 A1

(51) 国際特許分類:
G21K 4/00 (2006.01) *G02B 6/036* (2006.01)
G02B 6/02 (2006.01) *G02B 6/44* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/040174

(22) 国際出願日： 2020年10月27日(27.10.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-198101 2019年10月31日(31.10.2019) JP

(71) 出願人:株式会社クラレ(**KURARAY CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒7100801 岡山県倉敷市酒津１６２１番地 Okayama (JP).

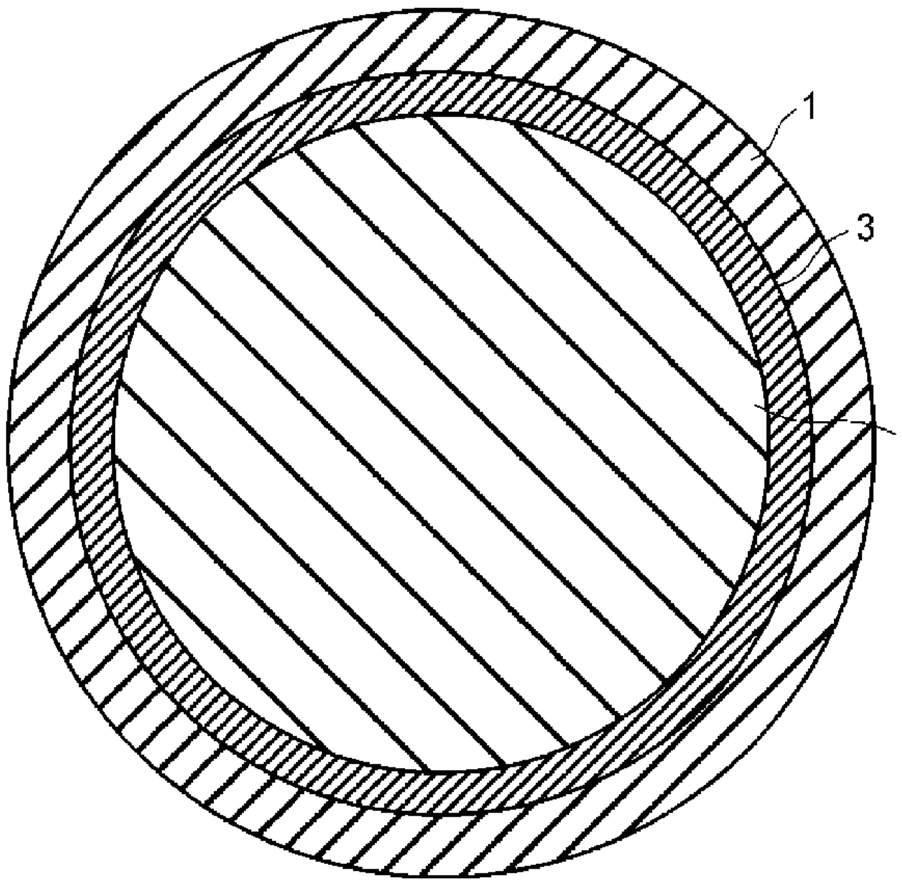
(72) 発明者:新治 修(**SHINJI, Osamu**); 〒9592691 新潟県胎内市倉敷町２番２８号 株式会社クラレ内 Niigata (JP). 藤田 勝洋(**FUJITA, Katsuhiro**); 〒9592691 新潟県胎内市倉敷町２番２８号 株式会社クラレ内 Niigata (JP). 園部 実(**SONOBE, Minoru**); 〒9592691 新潟県胎内市倉敷町２番２８号 株式会社クラレ内 Niigata (JP).

(74) 代理人:家入 健(**IEIRI Takeshi**); 〒2210835 神奈川県横浜市神奈川区鶴屋町三丁目３３番８ アサヒビルヂング５階 響国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** PLASTIC SCINTILLATING FIBER AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称： プラスチックシンチレーションファイバ及びその製造方法



(57) **Abstract:** This plastic scintillating fiber comprises: an outermost layer (1) including a phosphor that emits a scintillating light by irradiating at least either neutron beams or heavy particle beams; a core (2) provided inside the outermost layer (1) and including at least one type of phosphor that absorbs and converts the scintillating light to a longer wavelength; and a cladding layer (3) that covers the outermost surface of the core (2) and has a lower refractive index than the core (2). The core (2) and the cladding layer (3) constitute wavelength conversion fibers and are integrally formed with the outermost layer (1) covering the outer surface of the wavelength conversion fibers.

(57) 要約：本発明の一態様に係るプラスチックシンチレーションファイバは、少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する蛍光体を含む最外周層（１）と、最外周層（１）の内部に設けられており、シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種以上の蛍光体を含むコア（２）と、コア（２）の外周面を覆うと共に、コア（２）よりも低い屈折率を有するクラッド層（３）と、を備えている。コア（２）とクラッド層（３）とが波長変換ファイバを構成し、当該波長変換ファイバの外周面を覆う最外周層（１）とが一体形成されている。

［続葉有］

WO 2021/085401 A1

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一　国際調査報告（条約第21条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

プラスチックシンチレーションファイバ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、プラスチックシンチレーションファイバ及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来のプラスチックシンチレーションファイバ（ＰＳＦ：Plastic Scintillating Fiber）は、シンチレータであるコアの外周面が、コアよりも低屈折率のクラッド層に覆われたプラスチックファイバであり、主に放射線検出に用いられる。通常、コアは、例えばポリスチレンやポリビニルトルエンなどの芳香環を有する基材に、有機系蛍光体を添加した高分子材から構成される。クラッド層は、例えばポリメチルメタクリレートやフッ素含有のポリメチルメタクリレートなどの低屈折率高分子材から構成される。

[0003] プラスチックシンチレーションファイバを用いた放射線検出の原理について説明する。シンチレーションファイバのコア基材は芳香環を有しており、照射された放射線がシンチレーションファイバを横断すると、コア内での二次粒子などの再放射などでエネルギーの一部を吸収し、紫外線として放出するという特徴を持つ。この紫外線は、コア基材に蛍光体が添加されていなければ、コア基材自身に自己吸収され、コア内で伝送されずに消失する。

[0004] プラスチックシンチレーションファイバでは、この紫外線がコア基材に添加された蛍光体に吸収され、より長波長の光が再放出される。そのため、適切な蛍光体を選択することにより、コア基材に自己吸収され難い、例えば青色などの長波長の光に変換し、ファイバ内で伝送する。ファイバ内で伝送された光は、一端又は両端に接続された検出器において検出される。

[0005] このように、シンチレーションファイバは、放射線検出による発光と光伝送の２つの機能を兼ね備えており、放射線の通過位置を算出する用途などで

使用されている。このようなシンチレーションファイバでは、コアから放出される紫外光をいかに高効率に長波長に波長変換させ、長距離伝送するかが重要である。

[0006] 一方、シンチレーションファイバと並んで多用されるのがプラスチック波長変換ファイバ（ＷＬＳＦ：Wavelength Shifting Fiber）である。波長変換ファイバは、例えば青色発光するプラスチックシンチレータなどと組み合わせて使用される。板状又は棒状のプラスチックシンチレータに溝や穴を設けて、青色光を吸収し緑色光に変換する波長変換ファイバを埋め込む。

[0007] 大型で大面積の検出器では、個々のシンチレータから距離が離れた外部の光電検出器（例えば光電子増倍管など）まで光伝送するのは、光の減衰や空間的な制約から困難な場合がある。このような場合、細くて曲がり易く長距離伝送可能な波長変換ファイバが好適に用いられる。外部の光電検出器まで、多数本の波長変換ファイバを自由にレイアウトできる。

[0008] 波長変換ファイバのコアはポリスチレンやポリメチルメタクリレート樹脂からなり、波長変換用の蛍光体が溶解されている。波長変換ファイバでは、外部のシンチレータから入射したシンチレーション光をコア内の蛍光体によって吸収し、効率よく波長変換すると共に、ファイバ内で伝送する。波長変換ファイバと組み合わせるシンチレータとしては、プラスチックシンチレータに限らず、中性子等に高感度な無機シンチレータなどが用いられる。

[0009] このように、波長変換ファイバによって、大面積あるいは長尺のシンチレータや、中性子検出用等の特殊なシンチレータから発するシンチレーション光を簡単に集光できる。また、波長変換ファイバによって、コアで波長変換した光を伝送し、光電検出器まで自由に接続できる。

[0010] ここで、中性子線や重粒子線（例えばアルファ線など）の検出は、プラスチックのみから構成されたプラスチックシンチレータでは感度が低く、難しいため、例えば無機シンチレータが用いられる。無機シンチレータとしては、特許文献１に開示されたものや、^{6}ＬｉＦ／ＺｎＳ：Ａｇ、ＬｉＩ：$Ｅｕ^{2+}$、$LiBaF_3:Ce^{3+}$、$LiCaAlF_6:Ce^{3+}$、$Li_2B_4O7:Cu^{+}$

など多数知られている。

[0011] しかしながら、無機シンチレータは、減衰長が数ｍｍと透明性が高くなく、発光光（すなわちシンチレーション光）を長距離伝送できない。また、結晶サイズの制約もあるため、無機シンチレータによって光電検出器まで光伝送することは難しい。

[0012] また、特許文献２、３などに開示されているように、無機シンチレータを粉砕した微粒子を透明樹脂に分散させたシートが、中性子や重粒子線の検出用に開発されている。このようなシートでは、無機シンチレータと透明樹脂との屈折率差が大きく、透明性が確保できず、シート自身では光電検出器まで効率的に光伝送できない。

[0013] そのため、特許文献２、３、４などでは、波長変換ファイバをシンチレータの端面や表面に沿わせ、波長変換ファイバによって光電検出器まで光伝送している。波長変換ファイバを用いることによって、検出光をより長距離伝送できる。

ここで、特許文献２、３、４においてはいずれも、特に特許文献３に開示されたイメージ検出のような空間分解能を重視した検出では、シンチレータと波長変換ファイバとを組み合わせる後加工が多数必要となる。

先行技術文献

特許文献

[0014] 特許文献1：特開２０１２－１２６８５４号公報

特許文献2：国際公開第２０１５／０６４５８８号

特許文献3：特開２０１１－１４１２３９号公報

特許文献4：特開２０１５－７２２２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0015] 従来のプラスチックシンチレーションファイバでは、コア自身においてシンチレーション発光させると共に、光電検出器まで光伝送するため、コアに

高い透明性が要求される。そのため、中性子線や重粒子線の照射によってシンチレーション光を発する材料をコアに含ませることによって、中性子線や重粒子線を検出するためのプラスチックシンチレーションファイバを得ることはできない。

[0016] 同様に、波長変換ファイバでも、外部のシンチレータから照射されたシンチレーション光をコアにおいて波長変換すると共に光伝送するため、コアに高い透明性が要求される。そのため、中性子線や重粒子線の照射によってシンチレーション光を発する材料をコアに含ませることによって、中性子線や重粒子線を検出するためのプラスチックシンチレーションファイバを得ることはできない。

[0017] 他方、波長変換ファイバを用いた従来のシンチレーション検出器では、シンチレータと波長変換ファイバとを組み合わせる後加工が必要である。さらに、イメージ検出する場合、多数の波長変換ファイバ毎にシンチレータも1つずつ分離して組み合わせる必要があり、加工が著しく難しくなる。

[0018] 本発明は、このような事情に鑑みなされたものであって、少なくとも中性子線及び重粒子線の一方を検出可能であって、生産性に優れたプラスチックシンチレーションファイバを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0019] 本発明の一態様に係るプラスチックシンチレーションファイバは、

少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する材料を含む最外周層と、

前記最外周層の内部に設けられており、前記シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも1種類の蛍光体を含むコアと、

前記コアの外周面を覆うと共に、前記コアよりも低い屈折率を有するクラッド層と、を備え、

前記コア及び前記クラッド層を含む波長変換ファイバと、当該波長変換ファイバの外周面を覆う前記最外周層とが一体形成されている。

[0020] 本発明の一態様に係るプラスチックシンチレーションファイバでは、中性

子線や重粒子線の照射に伴い、最外周層においてシンチレーション光が発生し、当該シンチレーション光を内部のコアが吸収して波長変換すると共に光伝送する。そのため、従来のプラスチックシンチレーションファイバでは感度が低く、検出し難かった中性子線や重粒子線を検出できる。また、コア及びクラッド層を含む波長変換ファイバと、当該波長変換ファイバの外周面を覆う最外周層とが一体形成されているため、従来必要だったシンチレータと波長変換ファイバとを組み合わせる後加工が不要となる。すなわち、少なくとも中性子線及び重粒子線の一方を検出可能であって、生産性に優れたプラスチックシンチレーションファイバを提供できる。

[0021] 前記材料が、無機蛍光体の微粒子であって、前記最外周層が、前記微粒子を分散させた透明樹脂からなってもよい。中性子線や重粒子線を高感度に検出できる。

[0022] また、前記波長変換ファイバと前記最外周層とが、線引き加工によって一体形成されていてもよい。生産性がより向上する。

[0023] さらに、前記クラッド層が、インナークラッド層と、前記インナークラッド層の外周面を覆うと共に、前記インナークラッド層よりも低い屈折率を有するアウタークラッド層とを含むマルチクラッド構造を有していてもよい。全反射角が広くなり、より高発光となる。

[0024] 本発明の一態様に係るプラスチックシンチレーションファイバの製造方法は、

少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する蛍光体を含む最外周層と、

前記最外周層の内部に設けられており、前記シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種類の蛍光体を含むコアと、

前記コアの外周面を覆うと共に、前記コアよりも低い屈折率を有するクラッド層と、を備えたプラスチックシンチレーションファイバの製造方法であって、

前記最外周層用の第１円筒体の内部に前記クラッド層用の第２円筒体を挿

入し、当該第２円筒体の内部に前記コア用のロッドを挿入し、プリフォームを作製する工程と、

前記プリフォームを加熱しつつ線引き加工する工程と、を備える。

[0025] 本発明の一態様に係るプラスチックシンチレーションファイバの製造方法は、

少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する蛍光体を含む最外周層と、

前記最外周層の内部に設けられており、前記シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種類の蛍光体を含む高屈折率のコアと、

前記コアの外周面を覆うと共に、前記コアよりも低い屈折率を有するクラッド層と、を備えたプラスチックシンチレーションファイバの製造方法であって、

前記クラッド層の表面に、前記最外周層をコーティングする。

発明の効果

[0026] 本発明により、少なくとも中性子線及び重粒子線の一方を検出可能であって、生産性に優れたプラスチックシンチレーションファイバを提供できる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの断面図である。

[図2]実施の形態１の変形例に係るプラスチックシンチレーションファイバの断面図である。

[図3]実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの製造方法を示す斜視図である。

[図4]実施の形態１に係るシンチレーションファイバの応用例を示す斜視図である。

[図5]中性子蛍光体ＬｉＣａＡｌＦ$_6$：Ｅｕの発光スペクトル、波長変換蛍光体ＢＢＯＴの吸収及び発光スペクトルを示すグラフである。

[図6]無機蛍光体ＺｎＳ：Ａｇの発光スペクトル、波長変換蛍光体HOSTASOLE YELLOW 3Gの吸収及び発光スペクトルを示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、本発明を適用した具体的な実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。但し、本発明が以下の実施の形態に限定される訳ではない。また、説明を明確にするため、以下の記載及び図面は、適宜、簡略化されている。

[0029] （実施の形態１）

＜プラスチックシンチレーションファイバの構成＞

図１を参照して、本発明の実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバについて説明する。図１は、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの断面図である。

図１に示すように、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバは、最外周層１、コア２、クラッド層３を備えている。

[0030] 最外周層１は、少なくとも中性子線及び重粒子線（例えばアルファ線）の一方によってシンチレーション発光する材料を含む樹脂からなる。例えば、最外周層１は、中性子線や重粒子線によってシンチレーション発光する無機蛍光体（無機シンチレータ）の微粒子が分散された透明樹脂（透明有機重合体）からなる。

[0031] 最外周層１は、シンチレーション光がクラッド層３を貫通して中心部のコア２へ入射する程度に、十分に発光すると共に透明であればよく、高い透明性は要求されないが、できる限り透明で薄い方が望ましい。仮にシンチレータ層である最外周層１の透明性は低くても、光伝送を担う中心部のコア２が高い透明性を有していれば、長距離伝送が可能となる。

[0032] コア２は、最外周層１の内部に設けられており、最外周層１において発生したシンチレーション光を吸収してより長波長に変換する少なくとも１種類の蛍光体を含む高屈折率の透明樹脂からなる。コア２を構成する透明樹脂の屈折率は１．５以上が好ましい。

クラッド層３は、コア２の外周面を覆うと共に、コア２よりも低屈折率の透明樹脂からなる。ここで、コア２及びクラッド層３から構成された波長変換ファイバと、当該波長変換ファイバの外周面を覆う最外周層１とが一体形成されている。

光ファイバとして長距離伝送を行うためには、コア２の透明性と同じくクラッド層３の透明性も重要である。長距離伝送のためには、最外周層１の透明性はさほど重要でない。

光ファイバとして長距離伝送を行うためには、クラッド層３の厚さは、伝送光がコア２からクラッド層３に染み出すエバネッセント波の深さより十分厚い３μｍから１００μｍが好ましい。クラッド層３の厚さがクラッド層３に染み出すエバネッセント波の深さより十分厚ければ、クラッド層３と最外周層１の屈折率は同じもの、さらには同一の透明樹脂でもよい。

[0033] コア２が含む蛍光体としては、最外周層１において発生したシンチレーション光の波長に吸収スペクトルが適合すると共に、波長変換する蛍光スペクトルが吸収スペクトルからできる限り離れたものが望ましい。さらに、光電子増倍管（ＰＭＴ）やアバランシェフォトダイオード（ＡＰＤ）などの光電検出器の波長感度に合わせるなどのため、さらに波長変換させる第２の蛍光体をコア２が含んでもよい。なお、蛍光体の詳細については後述する。

[0034] 実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバでは、中性子線や重粒子線の照射に伴い、最外周層１においてシンチレーション光が発生し、当該シンチレーション光を内部のコア２が吸収して波長変換すると共に光伝送する。そのため、従来のプラスチックシンチレーションファイバでは感度が低く、検出し難かった中性子線や重粒子線を高感度に検出できる。すなわち、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバは、中性子線や重粒子線のシンチレーション機能と波長変換機能とを兼ね備えた複合型のプラスチック光ファイバである。

[0035] また、コア２及びクラッド層３から構成された波長変換ファイバと、当該波長変換ファイバの外周面を覆う最外周層１とが一体形成されている。その

ため、従来必要だったシンチレータと波長変換ファイバとを組み合わせる後加工が不要であり、従来に比べ、飛躍的に生産性が向上すると共にコストも低減できる。

[0036] ＜プラスチックシンチレーションファイバの変形例＞

図２は、実施の形態１の変形例に係るプラスチックシンチレーションファイバの断面図である。変形例に係るプラスチックシンチレーションファイバは、クラッド層３をインナークラッド層として、さらにクラッド層４をアウタークラッド層として備えている。すなわち、クラッド層が、インナークラッド層（クラッド層３）とアウタークラッド層（クラッド層４）とを含むマルチクラッド構造を有している。クラッド層４は、クラッド層３の外周面を覆うと共に、クラッド層３よりも低屈折率の透明樹脂からなる。

[0037] ここで、コア２で波長変換された再発光光はコア２内で立体角的に等方的に放射される。そのため、コア２とクラッド層３もしくはクラッド層４との屈折率差に基づいた全反射角以内の光しかファイバ方向に伝送できない。変形例に係るプラスチックシンチレーションファイバは、クラッド層３に加え、低屈折率のクラッド層４を備えるため、図１のプラスチックシンチレーションファイバよりも全反射角が広くなり（開口数ＮＡが大きくなり）、より高発光になる。

[0038] ＜最外周層１の材料＞

シンチレータ層である最外周層１は、少なくとも中性子線及び重粒子線（アルファ線など）の一方の照射によってシンチレーション発光する材料（蛍光体）を含む樹脂からなる。例えば、最外周層１は、中性子線や重粒子線によってシンチレーション発光する無機蛍光体の微粒子が均一又は不均一に分散された透明樹脂からなる。

[0039] 最外周層１を構成する透明樹脂は、加熱によって細く線引きが可能なように、熱可塑性であることが好ましい。このような透明樹脂としては、メチルメタクリレートなどで代表されるメタクリル酸エステルモノマー群、メチルアクリレートに代表されるアクリル酸エステルモノマー群及びスチレンに代

表されるビニル基を持った芳香族モノマー群のいずれかからなる単独重合体、もしくは共重合体が好適である。

[0040] 最外周層１を構成する透明樹脂の屈折率は、光伝送性能の観点からは限定されないが、分散させる無機蛍光体の屈折率に近いものが好ましい。分散させる無機蛍光体と分散媒体である透明樹脂との屈折率差が大きいと、光散乱が大きくなり、最外周層１において発生したシンチレーション光がコア２まで有効に届かないからである。

[0041] 最外周層１に含まれる無機蛍光体の微粒子としては、無機蛍光体の結晶を粉砕したものが好適に用いられる。特に、特許文献１及び２に記載されたような無機蛍光体であれば、ガンマ線に感度がなく中性子線のみによって選択的に発光するので好ましい場合がある。

[0042] 一例として、最外周層１は、リチウム６を含みＥｕがドープされ、中性子線によってシンチレーション発光する無機蛍光体ＬｉＣａＡｌＦ$_6$：Ｅｕの微粒子を透明樹脂に１～３０質量％分散させたものである。この無機蛍光体の微粒子を分散させる透明樹脂は、コア２もしくはクラッド層３、４などと同じものから好適に選択できる。この最外周層１は、中性子線によって３５０～４００ｎｍの紫外光をシンチレーション発光する。

[0043] 最外周層１の他の例としては、重粒子線（アルファ線など）によってシンチレーション発光する無機蛍光体ＺｎＳ：Ａｇの微粒子を透明樹脂に分散させたものを挙げられる。この無機蛍光体の微粒子を分散させる透明樹脂も、コア２もしくはクラッド層３、４などと同じものから好適に選択できる。この最外周層１は、重粒子線によって４００～５００ｎｍの可視光を発光する。

[0044] 透明樹脂に分散させる無機蛍光体の粒子径は０．１～１００μｍが好ましく、１～１０μｍがさらに好ましい。分散させる無機蛍光体の濃度は、１～５０質量％が好ましく、５～３０質量％がさらに好ましい。濃度が低過ぎると、最外周層１における中性子線や重粒子線による発光効率が悪化する。濃度が高過ぎると、透明樹脂への分散が困難になったり、加熱による線引きが

困難になったりする。

[0045] なお、分散させる無機蛍光体は検出対象とする中性子線や重粒子線によって適宜選択され、上記に限定されない。また、無機蛍光体の粒子径や濃度も検出性能、製造の難易度などによって適宜選択され、上記に限定されない。さらに、分散させる透明樹脂も分散性や製造の容易などによって適宜選択され、上記に限定されない。

[0046] ＜コア２の材料＞

コア２に用いられる材料は、透明樹脂であれば、制約はない。中でもメチルメタクリレートに代表されるメタクリル酸エステルモノマー群、メチルアクリレートに代表されるアクリル酸エステルモノマー群及びスチレンに代表されるビニル基を持った芳香族モノマー群のいずれかからなる単独重合体、もしくは共重合体が好適である。

[0047] 中でも、ビニル基を持った芳香族モノマーからなる重合体が、高い屈折率を有し、好ましい。コア２とクラッド層３との屈折率差が大きくなり、全反射角が広くなる。すなわち、コア２内で波長変換された光のうち、より広い角度の光を伝送できるため、より高発光のシンチレーションファイバが得られる。

[0048] コア２に含まれる波長変換蛍光体は、芳香環を有し、かつ共鳴可能な構造を有する有機蛍光体であって、コア２に単分子溶解することが好ましい。代表的な蛍光体としては、２５０～３５０ｎｍを吸収する２－（４－ｔ－ブチルフェニル）－５－（４－ビフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（ｂ－ＰＢＤ）、２－（４－ビフェニル）－５－フェニル－１，３，４－オキサジアゾール（ＰＢＤ）、パラターフェニル（ＰＴＰ）、パラクォーターフェニル（ＰＱＰ）、２，５－ジフェニルオキサゾール（ＰＰＯ）、１－フェニル－３－（２，４，６－トリメチルフェニル）－２－ピラゾリン（ＰＭＰ）、３－ヒドロキシフラボン（３ＨＦ）、などが挙げられる。

[0049] また、３５０～４００ｎｍを吸収する４，４’－ビス－（２，５－ジメチルスチリル）－ジフェニル（ＢＤＢ）、２，５－ビス－（５－ｔ－ブチル－

ベンゾキサゾイル）チオフェン（ＢＢＯＴ）、１，４－ビス－（２－（５－フェニロキサゾリル））ベンゼン（ＰＯＰＯＰ）、１，４－ビス－（４－メチル－５－フェニル－２－オキサゾリル）ベンゼン（ＤＭＰＯＰＯＰ）、１，４－ジフェニル－１，３－ブタジエン（ＤＰＢ）、１，６－ジフェニル－１，３，５－ヘキサトリエン（ＤＰＨ）なども好ましい。

[0050] さらに、具体例として、４００～５００ｎｍを吸収するHOSTASOLE YELLOW 3G、MACROLEX FLUORESCENT YELLOW 10GN、Kayaset Yellow SF-G、５００～６００ｎｍを吸収するLUMOGEN F ORANGE 240、LUMOGEN F RED 300などが挙げられる。

[0051] 高発光を得るには、コア２に含まれる波長変換蛍光体の吸収スペクトルと、最外周層１に含まれる無機蛍光体の発光スペクトルとの重なりが大きいことが好ましい。

上述の波長変換蛍光体を単体で使用してもよいし、複数の波長変換蛍光体を併用してもよい。各波長変換蛍光体では、量子収率が高く、吸収スペクトルと発光スペクトルの重なりが少ない（ストークスシフトが大きい）ことが好ましい。プラスチックファイバの特性として、長波長である程、可視光は伝送損失が小さいため、より長波長で発光する波長変換蛍光体が好ましく、適宜２種以上併用してもよい。波長変換蛍光体は、コア２を構成する透明樹脂に可溶であることが好ましい。

[0052] 波長変換蛍光体の濃度は、単独でも複数でも質量濃度で５０～１００００ｐｐｍが好適であり、さらには１００～１０００ｐｐｍが好ましい。濃度が低過ぎると、最外周層１からのシンチレーション光をコア２において効率よく吸収できない。逆に、濃度が高過ぎると、蛍光体自身が持つ自己吸収の影響が大きくなって、波長変換効率が低下したり、変換された光に対する透過率が低下して減衰長が悪化する。

[0053] ＜クラッド層３の材料＞

クラッド層３に用いられる材料は、コア２より低屈折率を有する透明樹脂であれば、制約はない。中でも、メチルメタクリレートに代表されるメタク

リル酸エステルモノマー群及びパーフルオロアルキルメタクリレート等のフッ素化モノマー群、メチルアクリレートに代表されるアクリル酸エステルモノマー群及びパーフルオロアルキルアクリレート等のフッ素化モノマー群のいずれかを原料とする単独重合体もしくは共重合体が好適である。

[0054] ＜クラッド層４の材料＞

クラッド層４に用いられる材料は、クラッド層３よりさらに低屈折率を有する透明樹脂であればよい。クラッド層３のモノマー群などからから選択できる。特に、低屈折率を有する含フッ素モノマー群から選択することが好ましい。

[0055] これらのモノマー群は熱又は光照射により容易に重合体又は共重合体が得られるため、精密な組成分布を形成でき、かつ取り扱い易いという利点がある。重合にあたっては有機過酸化物又はアゾ化合物を重合開始剤として加えてもよい。代表的な有機過酸化物としては１，１，３，３－テトラメチルブチルパーオキシ－２－エチルヘキサノエート、ｎ－ブチル－４，４－ビス（ｔ－ブチルパーオキシ）バレレート、１，１－ビス（ｔ－ブチルパーオキシ）シクロヘキサン等が挙げられるが、熱又は光照射によってラジカルを生成するものであれば特に制限はない。

[0056] また分子量調整のために連鎖移動剤としてメルカプタンを添加してもよい。代表的なメルカプタンとしてはオクチルメルカプタンがあるが、Ｒ－ＳＨ（ここでＲは有機基を表す）の構造を有するものであれば特に制限はない。

[0057] ＜プラスチックシンチレーションファイバの製造方法＞

図３は、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの製造方法を示す斜視図である。図３は、図１に示したプラスチックシンチレーションファイバを製造するための母材（プリフォーム）を示す。

[0058] 第１円筒体１１は、少なくとも中性子線及び重粒子線の一方によってシンチレーション発光する無機蛍光体の微粒子を分散させた熱可塑性樹脂からなる円筒体である。第１円筒体１１は、線引き加工後に最外周層１を構成する。第１円筒体１１の製造方法の詳細については後述する。

[0059] ロッド１２は、シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種類の蛍光体を溶解させた透明な熱可塑性樹脂からなる円柱体である。ロッド１２は、線引き加工後にコア２を構成する。

第２円筒体１３は、ロッド１２より低い屈折率を有し、透明な熱可塑性樹脂からなる円筒体である。第２円筒体１３は、線引き加工後にクラッド層３を構成する。

[0060] 図３に示すように、第１円筒体１１の内部に第２円筒体１３を挿入すると共に、第２円筒体１３の内部にロッド１２を挿入し、プリフォームを作製する。図３は、ロッド１２を第２円筒体１３の内部に挿入している途中の様子を示している。作製されたプリフォームの先端を加熱しながら、例えば外径１ｍｍに線引きすることによって、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバが得られる。

[0061] なお、図３に示すように、第１円筒体１１、第２円筒体１３、及びロッド１２の間には隙間が形成されているが、減圧下において線引き加工を行うため、コア２、クラッド層３、及び最外周層１は、密着して一体形成される。

図２に示した変形例に係るプラスチックシンチレーションファイバも、同様の製造方法によって製造できる。

[0062] 実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの製造方法では、中性子線や重粒子線によって発光するシンチレータ層（最外周層１）を波長変換ファイバ（コア２及びクラッド層３）の外周面に一体形成する。そのため、当該プラスチックシンチレーションファイバは、中性子線や重粒子線を検出可能であると共に光伝送可能である。すなわち、当該プラスチックシンチレーションファイバは、単体で、従来のシンチレータ及び波長変換ファイバの機能を兼ね備えている。

[0063] そのため、従来必要だったシンチレータと波長変換ファイバとを組み合わせる後加工が不要であり、従来に比べ、生産性が向上すると共にコストも低減できる。特に、イメージ検出する場合、波長変換ファイバ毎にシンチレータも１つずつ分離して組み合わせる必要がなく、当該プラスチックシンチレ

ーションファイバを並べるだけよい。そのため、従来に比べ、飛躍的に生産性が向上すると共にコストも低減できる。

[0064] なお、波長変換ファイバ（コア２及びクラッド層３）を製造した後、シンチレータ層（最外周層１）を蒸着、ディップコート、スプレーコートなどのコーティング（塗装を含む）によって一体形成してもよい。本方法により、少なくとも中性子線及び重粒子線（アルファ線など）の一方の照射によってシンチレーション発光する材料（蛍光体）をより高濃度で添加できる。

[0065] ＜プラスチックシンチレーションファイバの応用例＞

次に図４を参照して、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの応用例について説明する。図４は、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバの応用例を示す斜視図である。当該応用例では、実施の形態１に係るプラスチックシンチレーションファイバＰＳＦが、基板上にアレイ状に配列されている。

なお、当然のことながら、図４に示した右手系ｘｙｚ直交座標は、構成要素の位置関係を説明するための便宜的なものである。通常、ｚ軸正向きが鉛直上向き、ｘｙ平面が水平面である。

[0066] 各プラスチックシンチレーションファイバＰＳＦには、光電子増倍管などの光電検出器が接続されており（不図示）、伝送された光を検出できる。このような構成によって、例えば１ｍｍ分解能で１次元のイメージ検出が可能となる。ここで、分解能はプラスチックシンチレーションファイバＰＳＦの直径に等しい。さらに、このようなプラスチックシンチレーションファイバＰＳＦのアレイを２段設け、互いに直交させて上下に重ねて配置すれば、２次元のイメージ検出も実現できる。

[0067] このように、空間分解能が高い中性子線や重粒子線のイメージ検出も、本実施の形態に係るプラスチックシンチレーションファイバを用いることによって、簡易かつ低コストに実現できる。

実施例

[0068] 以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明は係る実施

例により何ら限定されない。

[0069] ＜実施例１＞

リチウム６を含みＥｕがドープされ、中性子線によってシンチレーション発光する無機蛍光体ＬｉＣａＡｌＦ$_6$：Ｅｕの微粒子をポリメチルメタクリレートに混錬した後、外径５０ｍｍ、内径４０ｍｍの最外周層用円筒体（図３の第１円筒体１１）を成形した。微粒子の平均粒径は６．２μｍ、微粒子の濃度は２２質量％とした。

[0070] ポリスチレン（屈折率１．５９）からなる直径３２ｍｍのコア用ロッド（図３のロッド１２）と、ポリメチルメタクリレート（屈折率１．４９）からなる外径３８ｍｍ、内径３４ｍｍのクラッド層用円筒体（図３の第２円筒体１３）とを準備した。コア用ロッドには、波長変換蛍光体として、２，５－ビス－（５－ｔ－ブチル－ベンゾキサゾイル）チオフェン（ＢＢＯＴ）を２００質量ｐｐｍの濃度で溶解させた。

[0071] 図３に示すように、最外周層用円筒体の内部にクラッド層用円筒体を挿入すると共に、クラッド層用円筒体の内部にコア用ロッドを挿入し、プリフォームを作製した。このプリフォームの先端を加熱しながら、減圧下で外径が１ｍｍとなるように一体線引きし、実施例１に係るプラスチックシンチレーションファイバを得た。このプラスチックシンチレーションファイバは、図１に示した断面構成を有している。外径は１０００μｍ、クラッド層３の直径は７７０μｍ、コア２の直径は６８０μｍ、最外周層１の厚みは１１５μｍ、クラッド層３の厚みは４５μｍであった。

[0072] 図５は、中性子蛍光体ＬｉＣａＡｌＦ$_6$：Ｅｕの発光スペクトル、波長変換蛍光体ＢＢＯＴの吸収及び発光スペクトルを示すグラフである。図５に示すように、中性子蛍光体のシンチレーション発光スペクトルと波長変換蛍光体の吸収スペクトルとの重なりが大きい。実施例１に係るプラスチックシンチレーションファイバに中性子線を入射したところ、１０ｍ離れた先端において十分な光量を観察できた。

[0073] ＜実施例２＞

実施例１と同様に、外径５０ｍｍ、内径４０ｍｍの最外周層用円筒体（図３の第１円筒体１１）を成形した。また、実施例１と同様に、ポリスチレン（屈折率１．５９）からなる直径２８ｍｍのコア用ロッド（図３のロッド１２）と、ポリメチルメタクリレート（屈折率１．４９）からなる外径３３ｍｍ、内径３０ｍｍのインナークラッド層用円筒体（図３の第２円筒体１３）とを準備した。コア用ロッドには、波長変換蛍光体として、ＢＢＯＴを３００質量ｐｐｍの濃度で溶解させた。

[0074] さらに、実施例２では、パーフルオロアルキルアクリレート等のフッ素化モノマーの共重合体（屈折率１．４２）からなる外径３８ｍｍ、内径３５ｍｍのアウタークラッド層用円筒体（不図示）を準備した。アウタークラッド層用円筒体は、線引き加工後に図２に示したクラッド層４を構成する。

そして、最外周層用円筒体の内部にアウタークラッド層用円筒体を挿入し、その内部にインナークラッド層用円筒体を挿入し、その内部にコア用ロッドを挿入することによって、プリフォームを作製した。

[0075] このプリフォームの先端を加熱しながら、減圧下で外径が１ｍｍとなるように一体線引きし、実施例２に係るプラスチックシンチレーションファイバを得た。このプラスチックシンチレーションファイバは、図２に示した断面構成を有している。外径は１０００μｍ、クラッド層４の外径は７５４μｍ、クラッド層３の外径は６８２μｍ、コア２の直径は６１２μｍ、最外周層１の厚みは１２３μｍ、クラッド層４の厚みは３６μｍ、クラッド層３の厚みは３５μｍであった。

[0076] 実施例２に係るプラスチックシンチレーションファイバに中性子線を入射したところ、１０ｍ離れた先端において実施例１より３０％ほど高い光量を観察できた。コア２の直径は実施例１より小さくなったものの、より低屈折のクラッド層４を設けたことによって、全反射角が広くなり、より高発光になったものと考えられる。

[0077] ＜実施例３＞

アルファ線などの重粒子線によってシンチレーション発光する無機蛍光体

ＺｎＳ：Ａｇの微粒子をポリメチルメタクリレートに混錬した後、外径５０ｍｍ、内径４０ｍｍの最外周層用円筒体（図３の第１円筒体１１）を成形した。微粒子の平均粒径は５．３μｍ、微粒子の濃度は２５質量％とした。

[0078] ポリスチレン（屈折率１．５９）からなる直径３２ｍｍのコア用ロッド（図３のロッド１２）と、ポリメチルメタクリレート（屈折率１．４９）からなる外径３８ｍｍ、内径３４ｍｍのクラッド層用円筒体（図３の第２円筒体１３）とを準備した。コア用ロッドには、波長変換蛍光体として、HOSTASOLE YELLOW 3Gを３００質量ｐｐｍの濃度で溶解させた。

[0079] 図３に示すように、最外周層用円筒体の内部にクラッド層用円筒体を挿入すると共に、クラッド層用円筒体の内部にコア用ロッドを挿入し、プリフォームを作製した。このプリフォームの先端を加熱しながら、減圧下で外径が１ｍｍとなるように一体線引きし、実施例３に係るプラスチックシンチレーションファイバを得た。このプラスチックシンチレーションファイバは、図１に示した断面構成を有している。外径は１０００μｍ、クラッド層３の直径は７７０μｍ、コア２の直径は６８０μｍ、最外周層１の厚みは１１５μｍ、クラッド層３の厚みは４５μｍであった。

[0080] 図６は、無機蛍光体ＺｎＳ：Ａｇの発光スペクトル、波長変換蛍光体HOSTASOLE YELLOW 3Gの吸収及び発光スペクトルを示すグラフである。図６に示すように、無機蛍光体のシンチレーション発光スペクトルと波長変換蛍光体の吸収スペクトルとの重なりが大きい。実施例３に係るプラスチックシンチレーションファイバにアルファ線を入射したところ、１０ｍ離れた先端において十分な光量を観察できた。

[0081] ＜実施例４＞

波長変換蛍光体として、２，５－ビス－（５－ｔ－ブチル－ベンゾキサゾイル）チオフェン（ＢＢＯＴ）を２００質量ｐｐｍの濃度で含有したポリスチレン（屈折率１．５９）からなる直径６８０μｍのコア２と、厚み４５μｍのポリメチルメタクリレート（屈折率１．４９）からなるクラッド層３とから構成された直径７７０μｍの波長変換ファイバを準備した。この波長変

換ファイバの表面に、アクリル樹脂７質量％と中性子蛍光体ＬｉＣａＡｌＦ$_6$：Ｅｕの微粒子３質量％とをメチルエチルケトン９０質量％に溶解した塗料をディップ法により塗布し、乾燥させた。これによって、厚み１１５μｍの最外周層１が形成され、実施例４に係る外径１０００μｍのプラスチックシンチレーションファイバを得た。実施例４に係るプラスチックシンチレーションファイバに中性子線を入射したところ、１０ｍ離れた先端において十分な光量を観察できた。

[0082] 本発明は上記実施の形態に限られず、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

[0083] この出願は、２０１９年１０月３１日に出願された日本出願特願２０１９－１９８１０１を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

符号の説明

[0084] １　最外周層

２　コア

３　クラッド層（インナークラッド層）

４　クラッド層（アウタークラッド層）

１１　第１円筒体

１２　ロッド

１３　第２円筒体

ＰＳＦ　プラスチックシンチレーションファイバ

請求の範囲

[請求項1] 少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する材料を含む最外周層と、

前記最外周層の内部に設けられており、前記シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種類の蛍光体を含むコアと、

前記コアの外周面を覆うと共に、前記コアよりも低い屈折率を有するクラッド層と、を備え、

前記コア及び前記クラッド層を含む波長変換ファイバと、当該波長変換ファイバの外周面を覆う前記最外周層とが一体形成されている、プラスチックシンチレーションファイバ。

[請求項2] 前記材料が、無機蛍光体の微粒子であって、

前記最外周層が、前記微粒子を分散させた透明樹脂からなる、

請求項１に記載のプラスチックシンチレーションファイバ。

[請求項3] 前記波長変換ファイバと前記最外周層とが、線引き加工によって一体形成されている、

請求項１又は２に記載のプラスチックシンチレーションファイバ。

[請求項4] 前記クラッド層が、

インナークラッド層と、

前記インナークラッド層の外周面を覆うと共に、前記インナークラッド層よりも低い屈折率を有するアウタークラッド層と、を含むマルチクラッド構造を有している、

請求項１～３のいずれか一項に記載のプラスチックシンチレーションファイバ。

[請求項5] 少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する蛍光体を含む最外周層と、

前記最外周層の内部に設けられており、前記シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種類の蛍光体を含むコア

と、

前記コアの外周面を覆うと共に、前記コアよりも低い屈折率を有するクラッド層と、を備えたプラスチックシンチレーションファイバの製造方法であって、

前記最外周層用の第１円筒体の内部に前記クラッド層用の第２円筒体を挿入し、当該第２円筒体の内部に前記コア用のロッドを挿入し、プリフォームを作製する工程と、

前記プリフォームを加熱しつつ線引き加工する工程と、を備えた、プラスチックシンチレーションファイバの製造方法。

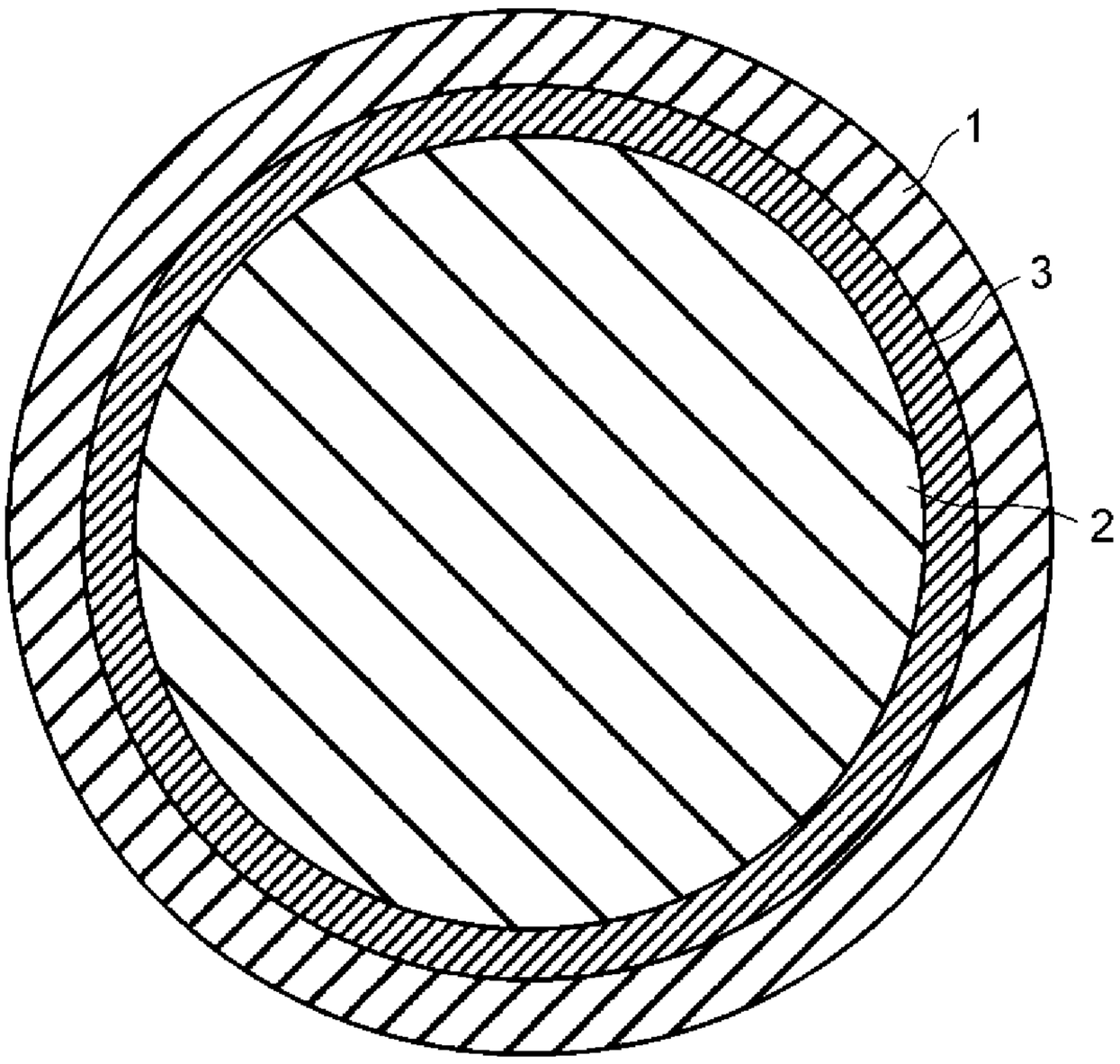
[請求項6] 少なくとも中性子線及び重粒子線の一方の照射によってシンチレーション光を発する蛍光体を含む最外周層と、

前記最外周層の内部に設けられており、前記シンチレーション光を吸収して長波長に波長変換する少なくとも１種類の蛍光体を含む高屈折率のコアと、

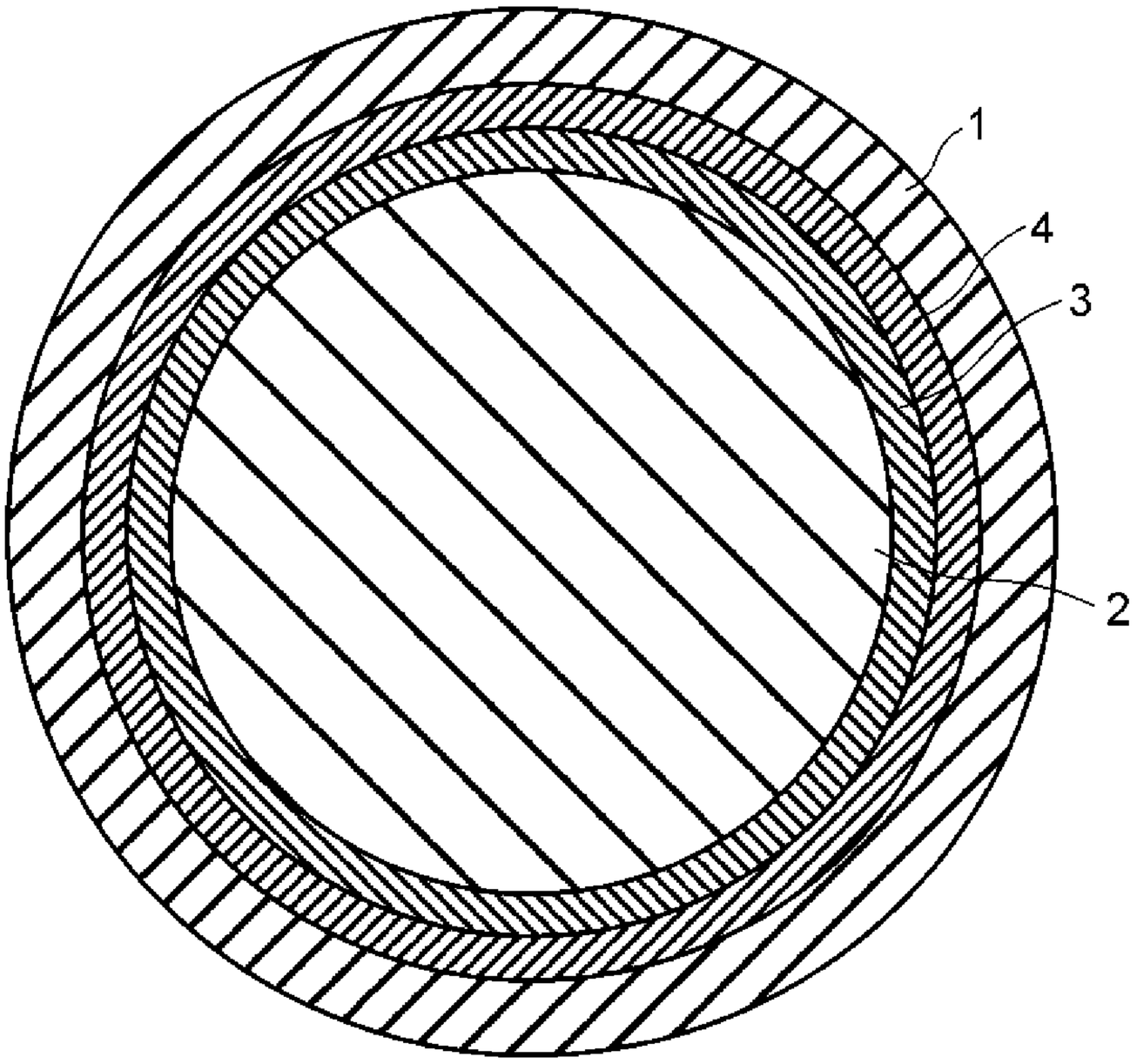
前記コアの外周面を覆うと共に、前記コアよりも低い屈折率を有するクラッド層と、を備えたプラスチックシンチレーションファイバの製造方法であって、

前記クラッド層の表面に、前記最外周層をコーティングする、プラスチックシンチレーションファイバの製造方法。

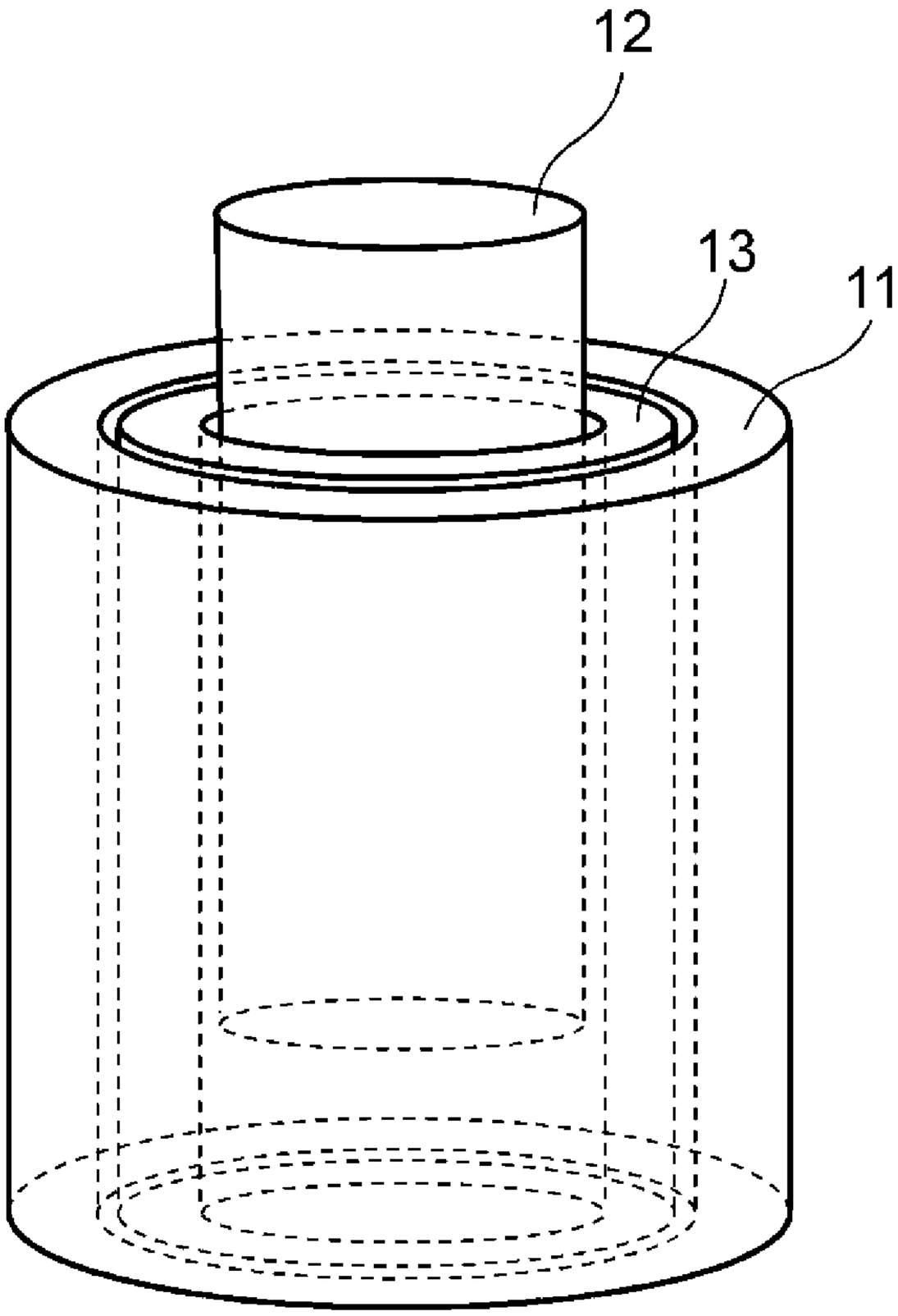
[図1]



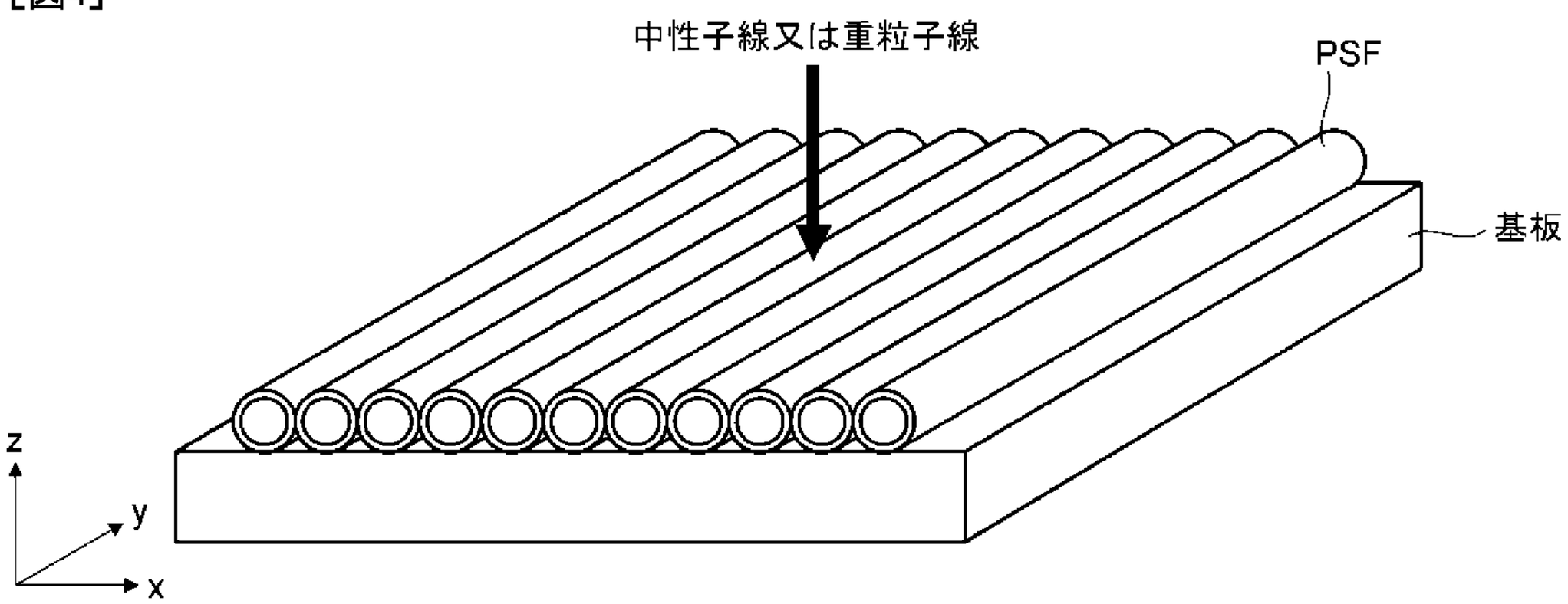
[図2]



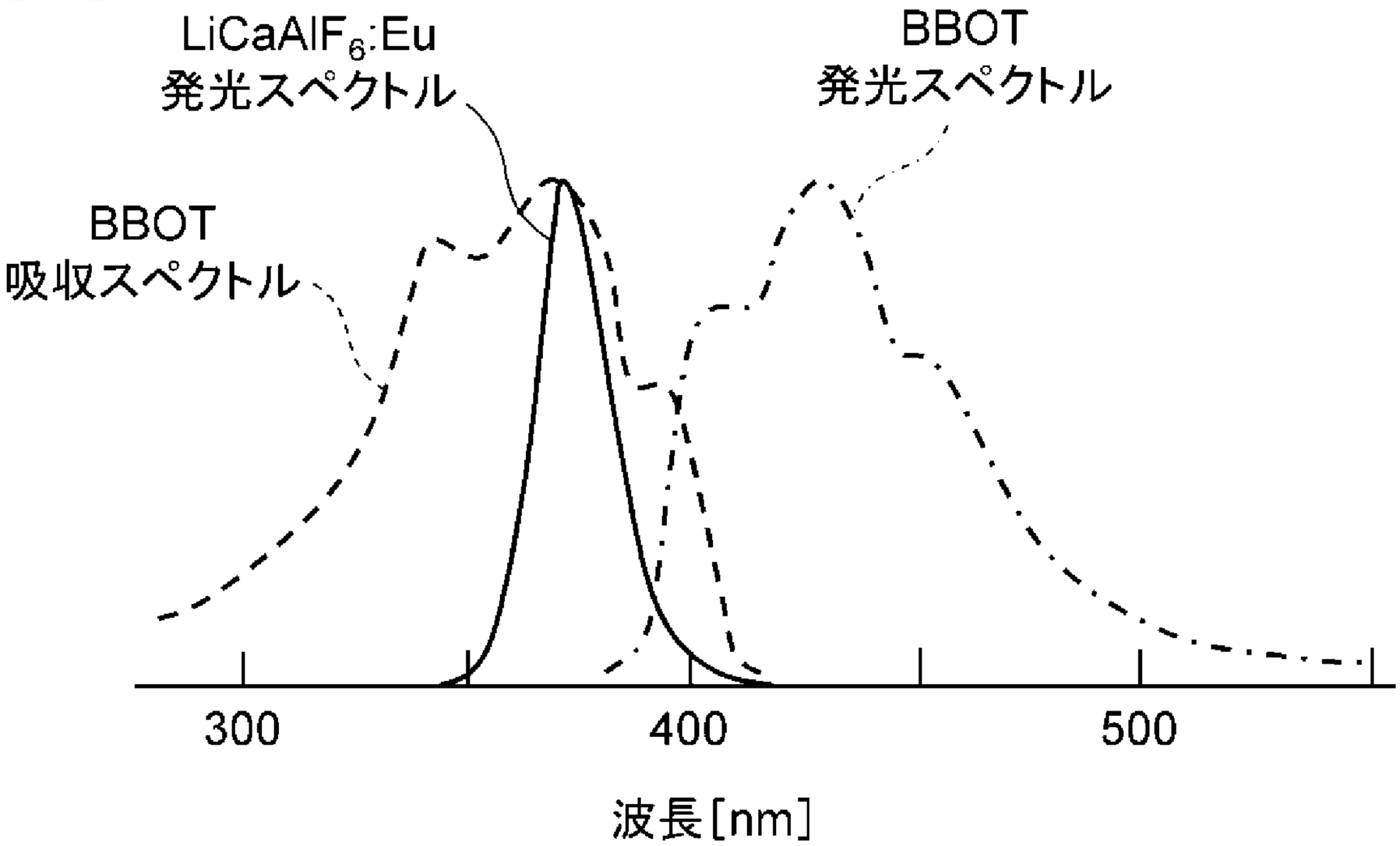
[図3]



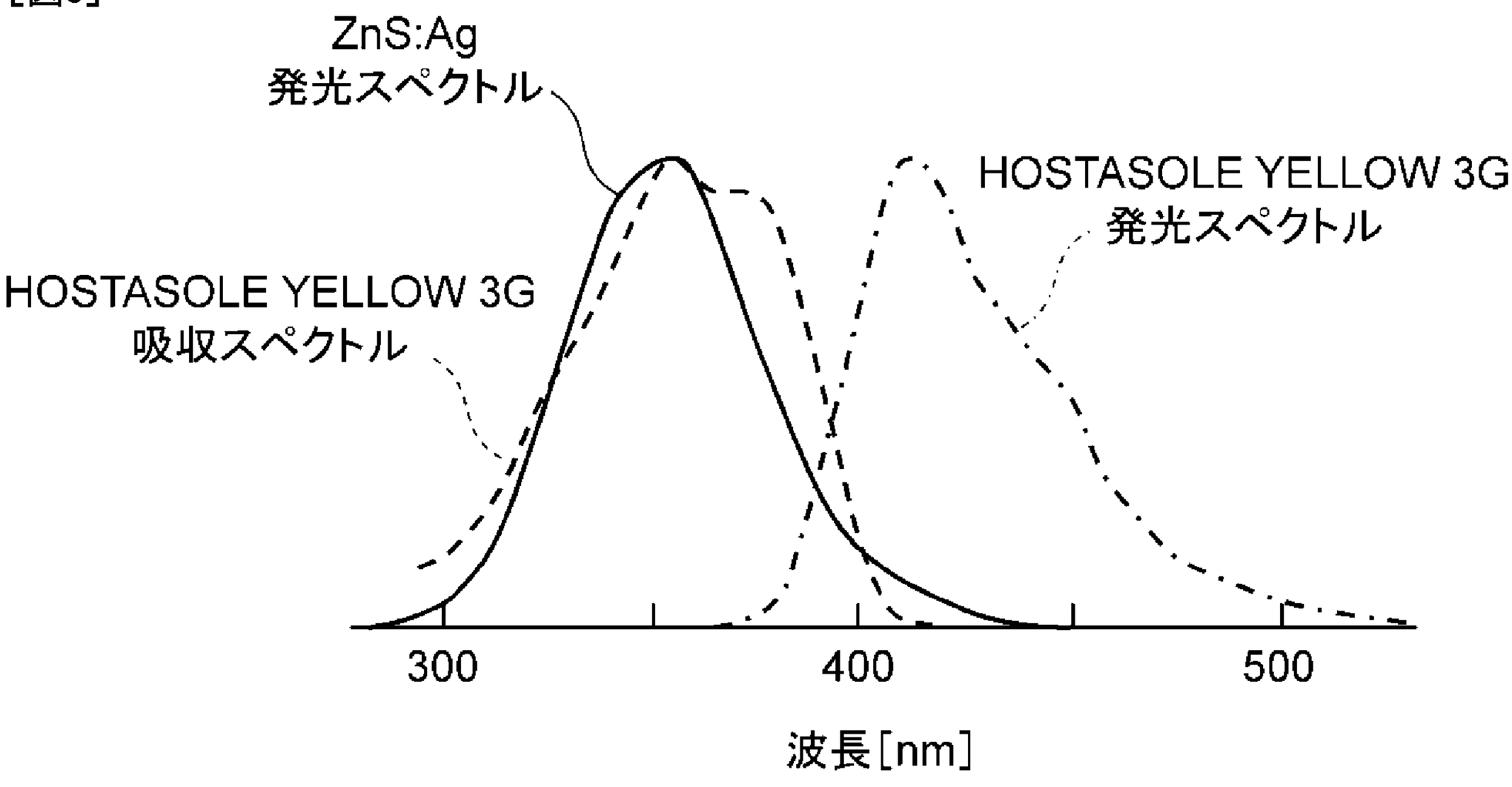
[図4]



[図5]


LiCaAlF6:Eu
発光スペクトル
BBOT
吸収スペクトル
BBOT
発光スペクトル
300
400
500
波長[nm]

[図6]


ZnS:Ag
発光スペクトル
HOSTASOLE YELLOW 3G
吸収スペクトル
HOSTASOLE YELLOW 3G
発光スペクトル
300
400
500
波長[nm]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/040174

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G21K 4/00(2006.01)i; G02B 6/02(2006.01)i; G02B 6/036(2006.01)i; G02B 6/44(2006.01)i
FI: G21K4/00 B; G02B6/02 A; G02B6/02 366; G02B6/02 391; G02B6/036; G02B6/44 301B; G02B6/44 321; G02B6/44 301A
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G21K4/00; G02B6/02; G02B6/036; G02B6/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 9-236669 A (TOHOKU-ELECTRIC POWER CO., INC.) 09 September 1997 (1997-09-09) paragraphs [0012]-[0013], fig. 1	1-2, 6 2, 4 3, 5
X Y	JP 2015-513075 A (AMERICAN SCIENCE AND ENGINEERING, INC.) 30 April 2015 (2015-04-30) paragraphs [0042]-[0043], [0071], fig. 6, 16	1, 5 2-5
X Y A	JP 2019-148538 A (KURARAY CO., LTD.) 05 September 2019 (2019-09-05) paragraphs [0002], [0017], [0048]-[0049], [0059], fig. 2	1, 3, 5-6 3, 5 2, 4
Y A	JP 2018-200172 A (KURARAY CO., LTD.) 20 December 2018 (2018-12-20) paragraphs [0029]-[0030], [0059], fig. 4	4 1-3, 5-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
04 December 2020 (04.12.2020)	15 December 2020 (15.12.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/040174

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 9-236669 A	09 Sep. 1997	(Family: none)	
JP 2015-513075 A	30 Apr. 2015	US 2013-0195248 A1 paragraphs [0069]-[0070], [0100], fig. 6, 16	
JP 2019-148538 A	05 Sep. 2019	(Family: none)	
JP 2018-200172 A	29 Dec. 2018	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/040174

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G21K 4/00(2006.01)i; G02B 6/02(2006.01)i; G02B 6/036(2006.01)i; G02B 6/44(2006.01)i
FI: G21K4/00 B; G02B6/02 A; G02B6/02 366; G02B6/02 391; G02B6/036; G02B6/44 301B; G02B6/44 321; G02B6/44 301A

B.　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

G21K4/00; G02B6/02; G02B6/036; G02B6/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 9-236669 A (東北電力株式会社) 09.09.1997 (1997-09-09) [0012]-[0013], 図1	1-2, 6
Y		2, 4
A		3, 5
X	JP 2015-513075 A (アメリカン サイエンス アンド エンジニアリング, インコーポレイテッド) 30.04.2015 (2015-04-30) [0042]-[0043], [0071], 図6, 16	1, 6
Y		2-5
X	JP 2019-148538 A (株式会社クラレ) 05.09.2019 (2019-09-05) [0002], [0017], [0048]-[0049], [0059], 図2	1, 3, 5-6
Y		3, 5
A		2, 4
Y	JP 2018-200172 A (株式会社クラレ) 20.12.2018 (2018-12-20) [0029]-[0030], [0059], 図4	4
A		1-3, 5-6

☐ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

*　引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
04.12.2020	15.12.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
中尾　太郎 2G 1765
電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/040174

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 9-236669 A	09.09.1997	（ファミリーなし）	
JP 2015-513075 A	30.04.2015	US 2013-0195248 A1 [0069]-[0070], [0100], Figs. 6, 16	
JP 2019-148538 A	05.09.2019	（ファミリーなし）	
JP 2018-200172 A	20.12.2018	（ファミリーなし）	